

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

УТВЕРЖДАЮ
Зам. декана ФНМ по учебной
работе
_____/А.В. Кнотько /
«__» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Современные проблемы материаловедения

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки:

04.04.02 Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

Фундаментальное материаловедение

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Методической комиссией факультета наук о материалах
(протокол №_____, дата)

Москва 2016

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Химия, физика и механика материалов» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ от _____20__ г.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО: Базовая часть, профессиональная подготовка, модуль «Инженерия материалов», курс предназначен для студентов магистратуры факультета наук о материалах 1-го года обучения (1-й семестр), курс является обязательным

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть):

Дисциплины и модули профессиональной подготовки бакалавриата

3. Результаты обучения по дисциплине:

Знать: общие представления о классификации, структуре и свойствах современных материалов, наноматериалов, биоматериалов; общие закономерности в изменении функциональных характеристик при варьировании кристаллической, дефектной структуры, микроструктуры и способов получения материалов

Уметь: вычленять главное при проработке соответствующего литературного материала и проводить его критический анализ; предлагать адекватные методы получения при дизайне неорганических материалов материалов с перспективными функциональными характеристиками; давать предложения при постановке или интерпретации эксперимента по получению и исследованию материалов

Владеть: терминологией описания структуры, свойств и методов получения перспективных неорганических материалов; техникой проведения качественных и полуколичественных оценок структуры и свойств неорганических материалов

4. Объем дисциплины составляет 3 з.е. (108 ак.ч.)

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Вид работы	Семестр				Всего
	1				
Общая трудоёмкость, акад. Часов	108				108
Аудиторная работа:	36				36
Лекции, акад. Часов	18				18
Семинары, акад. Часов					
Лабораторные работы, акад. часов	18				18
Самостоятельная работа, акад. Часов	72				72
Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)	Зач.				

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Тема 1. Терминология, основы нанотехнологий и получения наноматериалов (1 ч лекции)

Основные понятия и определения наук о наносистемах, наноматериалах и нанотехнологий. История развития нанотехнологий. Междисциплинарность и мультидисциплинарность. Примеры нанообъектов и наносистем, их особенности и технологические приложения. Объекты и методы нанотехнологий. Нанохимия как предмет изучения. Определения, классификация, соотношения между химией, физикой, биологией и нанотехнологиями. Самосборка и самоорганизация как важный подход к получению наноматериалов, основные типы и иерархия наноструктур, закономерности взаимоотношений структуры и свойств наноматериалов. Структура курса.

Тема 2. Литография (1 ч лекции)

Различие в подходах «снизу - вверх» и «сверху - вниз» при получении наноматериалов. Основные типы литографии. Работы В.Б.Алесковского по осаждению монослоев. Понятие о самособирающихся монослоях, супергидрофильных и супергидрофобных поверхностях, смачивание и обратный ему процесс с образованием квазиупорядоченных структур, хиральные поверхности. Мягкая литография и микроконтактная печать (наноимпринт). Основные типы структур и способы «управления» свойствами поверхности при использовании наноимпринта. Самосборка двумерных упорядоченных структур.

Тема 3. Послойная сборка (1 ч лекции)

Понятие о нанореакторах и слоистых наноструктурах. Распространенные методики послойного осаждения из жидкой фазы, электростатические сверхрешетки, полиэлектролитные многослойные структуры и оболочки, композитные слои (полимер – наночастица, полиэлектролит – наночастица, системы доставки лекарств), гибридные материалы. «Двумерное давление» в пленках жидкостей, метод Лэнгмюра – Блоджет и его использование для получения наноматериалов (белковые структуры, МЭМС). Послойное осаждение на поверхностях с высоким радиусом кривизны, понятие о бифункциональных частицах – янусах. Примеры структур и методы их практического использования в оптике, медицине, электронике.

Тема 4. Наноконтактная печать, штампы и зонды (1 ч лекции)

Технические приемы улучшения «мягкой литографии», суб-100нм литография. Принцип действия сканирующего зондового микроскопа и различные режимы СЗМ. Использование СЗМ для «нанолитографии», взаимодействие зонда с поверхностью, явления и последствия, искусственное создание дефектов на поверхности, Dip - pen нанолитография и ее производные, нанолитография с молекулярным распознаванием, ДНК, вирусы и другие биообъекты для нанолитографии. Масштабирование нанобъектов при нанолитографии.

Тема 5. Самосборка структур из анизотропных объектов (1 ч лекции)

Основные причины использования анизотропных объектов (1D - структур) для самосборки наноструктурированных материалов. Важнейшие принципы получения квазиодномерных объектов. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование, основные элементарные механизмы развития граней растущего кристалла. Рост кристаллов по механизму «пар – жидкость - кристалл», система Si-Au, $\text{Ba}_6\text{Mn}_{24}\text{O}_{48}$ – KCl, Sn – O₂, Zn – O₂, примеры практического использования нитевидных кристаллов. Электростатизация в пористых матрицах. Строительные блоки для самосборки, шаблоны для самосборки, упорядоченные структуры из анизотропных нанобъектов, самосборка наностержней, магнитные наностержни и кластеры, анизотропные наноструктуры из золота, полупроводников, термоэлектриков, сопряжение с биомолекулами, использование в светоизлучающих устройствах, транзисторах, сенсорах, контактах, лазерах, фотодетекторы. Углеродные и неуглеродные (оксидные, дисульфидные) нанотрубки, строение, основные свойства и области применения, примеры использования в наномеханике, фотонике, химических источниках тока, солнечных батареях, пьезоэлементах, антеннах, НЭМС.

Тема 6. Получение нанокристаллов и их самосборка (2 ч лекции)

Кластеры металлов. Блоки мозаики (области когерентного рассеяния) в поликристаллических материалах. Иерархическое строение функциональных материалов и наноматериалов. Различные подходы к сборке строительных блоков, различия между нанокристаллом, кластером и наночастицей. Квантовые точки и методы их получения. Носители заряда и энергетическая структура полупроводниковых нанокристаллов, фазовые переходы в «нанокластерах», наблюдение роста нанокристаллов. Поверхностная модификация нанокристаллов, «жирорастворимые» и «водорастворимые» квантовые точки. Плазмонный резонанс и наночастицы металлов. Суперпарамагнитные оксидные наночастицы. Сверхрешетки из нанокристаллов и использование биологических объектов для получения упорядоченных ансамблей наночастиц.

Использование наночастиц. Сверхрешетки магнитных нанокристаллов для хранения информации, мягкая литография для создания упорядоченных структур из нанокристаллов, электролюминесцентные полупроводниковые нанокристаллы, полноцветные композиты нанокристаллы – полимер, фотохромные нанокристаллические покрытия, биосовместимые нанокристаллические материалы, гипертермия и фотодинамическая терапия рака, активные элементы сенсоров, катализаторов. Сопряжение и энергетический обмен между наночастицами и биологически активными молекулами (фотосинтетическими реакционными центрами). Понятие о нанобиотехнологии.

Тема 7. Самосборка микросфер и бифункциональные микрочастицы – янусы (1 ч лекции)

Фотонные кристаллы, терминология и основные мотивы структуры. Фотонные «запрещенные зоны». Модифицированный закон Вульфа – Брэга. Управление светом с помощью фотонных кристаллов. Фотоника. Природные фотоннокристаллические структуры, опалы. Получение искусственных фотонных кристаллов, микросферы как универсальные строительные блоки (полистирол, диоксид кремния, многослойные сферы). Наноструктурирование микросфер, самосборка микросфер в коллоидные кристаллы, пленки, нити. Различные виды упаковки микросфер. Оптические свойства фотонных кристаллов и структур (с искусственными дефектами) на их основе, переключение света светом, термохромные фотонные кристаллы, жидкокристаллические фотонные кристаллы, фотонные чернила, фотоннокристаллический цветной дисплей, электрическое и магнитное переключение фотонных кристаллов, фотоннокристаллические сенсоры, фотоннокристаллическая хроматография, макромолекулярные сита, «замедление» фотонов, улучшенный фотокатализ, фотопроводимость и солнечные батареи. Частицы – янусы и методы их получения.

Тема 8. Микро-, мезо- и «нано»пористые материалы (2 ч лекции)

Классификация пористых материалов. Супрамолекулярные «наноклеточные» соединения. «Гость» и «хозяин». Принцип комплементарности. Термоэлектрики с клатратной структурой. Цеолиты и их использование в высокоселективном катализе, а также при получении нанокомпозитов. Металлорганические каркасы. Модульная самосборка пористых материалов, хранение водорода в металл-органических каркасах. Понятие «темплата». Мицеллообразование. Жидкокристаллические матрицы как темплаты при получении нанокомпозитов. Дизайн мезопористых материалов и композитов, мезоструктура и размерность, хиральные структуры, структурированные планарные структуры, функционализация, методы получения мезопористых материалов, «гости» мезопор, использование мезопористых материалов в ИТ-технологиях, медицине, химии. Микропористые материалы. Анодирование алюминия и титана. Металлические пены. Биосовместимая пенокерамика. Терморасширенный графит. Применение пористых материалов.

Тема 9. Использование блоксополимеров в нанохимии (2 ч лекции)

Основные типы и принципы строения полимеров. Биополимеры. Дендримеры. Блоксополимеры. Спинодальный распад (стекла, твердые растворы, ВМС) и наноструктурирование. Полимеры и нанохимия, блоксополимеры в тонких пленках, упорядочение электрическим полем, пространственные ограничения, мицеллы и супрамолекулярные структуры, полимерные «щеточки», применение блоксополимерных структур для нанолитографии, нанодекорирования, создания нанореакторов и нанокомпозитов.

Тема 10. Биомиметика и биоматериалы (2 ч лекции)

Природные объекты и биомиметика. Вирусы, самосборка ДНК и с помощью ДНК, примеры биологических «молекулярных машин». Биоминерализация, морфогенез – неорганические материалы сложной формы, кости, природные волокна, крылья насекомых. Требования к биоматериалам. Фосфаты кальция и методы получения биокерамики. Взаимодействие биокерамики и биостекла с живыми тканями. Биоинертная керамика на основе диоксида циркония. Наночастицы для использования в медицине в качестве средств доставки и визуализации. Строение наиболее распространенных типов биосенсоров.

Тема 11. Самосборка больших строительных блоков (1 ч лекции)

«Капиллярные силы» и «силы поверхностного натяжения». Краевой угол смачивания. Эффекты Марангони. Самосборка надмикронных форм. Магнитная, динамическая, самопроизвольная сборка. Графоэпитаксия белков, полупроводников, сверхпроводников. Микрофлюидика и микрожидкостная сборка. Использование эффектов самосборки больших строительных блоков для создания текстурированных оксидных функциональных материалов, биологических структур, логических элементов, биочипов, микрожидкостных устройств.

Тема 12. Перспективы использования наноматериалов и нанотехнологическое образование (3 ч лекции)

Форсайт и реальность. Развитие нанотехнологий в РФ по данным статистических исследований и «по ощущениям». Наиболее перспективные направления развития: альтернативная энергетика, солнечные батареи и топливные элементы, химические источники тока, мембранные технологии, новые каталитические системы, микрофлюидика, борьба с ВИЧ и онкологическими заболеваниями, биосенсоры, наномедицина и бионанотехнологии, нанoeлектроника, устройства записи и отображения информации, фотоника и спинтроника, конструкционные материалы и самозалечивающиеся покрытия, материалы отдаленного будущего. Развитие «нанообразования». Роль выпускников университетов в становлении «наноиндустрии».

Раздел 2 ДИСКУССИОННЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Тема 13. Дискуссионные вопросы классификации перспективных неорганических материалов со специальными свойствами (3 ч. семинар)

Наноструктуры. Альтернативные варианты классификации. Свойства веществ в нанокристаллическом состоянии. Поверхность нанокристаллов – дефекты координации и барьерное ограничение.

Тема 14. Дискуссионные вопросы в области особенностей физических свойств перспективных неорганических материалов (3 ч. семинар)

Размерный эффект. Оптические свойства наночастиц металлов, плазмонный резонанс. Оптические свойства полупроводниковых наночастиц, квантоворазмерный эффект. Магнитные свойства наносистем. Суперпарамагнетизм. Магнитокристаллическая анизотропия. Перемагничивание однодоменных и многодоменных частиц. Магнитные наноматериалы. Магнитные носители информации. Альтернативная энергетика, солнечная, водородная, материалы для АЭС. Химические источники тока, топливные элементы.

Тема 15. Дискуссионные вопросы в области механических свойств перспективных неорганических материалов (3 ч. семинар)

Механические свойства наносистем. Закон Холла – Петча. Структура межзеренных границ. Дефекты в объемных наноструктурированных материалах. Влияние границ раздела и размеров частиц на механические свойства нанокристаллических материалов. Упругие свойства, высокотемпературная ползучесть. Модели межзеренных границ и поведения нанокристаллических тел при нагружении (деформации). Наноккомпозиты. Армирование. Адгезионная прочность. Супергидрофобные покрытия.

Тема 16. Дискуссионные вопросы в области создания наноустройств (3 ч. семинар)

Наномеханизмы и наноустройства. Микро – и нанотрибология. Преобразование энергии. Электростатические, магнитные, пьезоэлектрические, тепловые, гидравлические актюаторы, сенсорные НЭМС. Технологии производства и материалы МЭМС и НЭМС. Молекулярные актюаторы, молекулярные моторы, белки и ферменты, ротоксаны и катенаны.

Тема 17. Дискуссионные вопросы в области нанoeлектроники (3 ч. семинар)

Нанoeлектроника. Современные транзисторы, типы полевых транзисторов. Проявление квантовых эффектов и туннелирования. Проблема плотности энергии и теплоотвода, дефекты и ошибки, транзисторы на основе углеродных нанотрубок. Квантовые компьютеры, принципы действия, алгоритмы, материалы, перспективы развития. Элементы молекулярной электроники, измерение свойств отдельных молекул. ОСИД, устройства отображения информации. Графен и его производные, использование в прозрачной (гибкой) электронике.

Тема 18. Дискуссионные вопросы в области нанобиотехнологии (3 ч. семинар)

Материалы для бионанотехнологий, конструкционные наноматериалы для медицины, нанофармакология и нанолeкарства. Синтез, биоконъюгация и биосовместимость наночастиц. Нанокapsулы. Магнитные наноматериалы в медицине. Наносистемы для диагностики заболеваний. Наноинструменты для микробиологии и медицины. Токсичность веществ в нанодисперсном состоянии. Наномедицина, контрасты, визуализация, гипертермия, фотодинамическая терапия, доставка лекарств, лекарства пролонгированного действия, маркеры.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Задания для самоподготовки формулируются преподавателем в зависимости от уровня подготовки студентов. Типичные примеры:

1. Какие подходы можно использовать для поиска новых материалов? Какие основные принципы создания материалов можно выделить? Объясните смысл каждого принципа и приведите примеры их практического использования.

2. В чем состоят причины бурного развития направлений химии, связанных со структурным дизайном материалов? На каких постулатах может быть основан структурный дизайн материалов?

3. Почему свойства поверхности и объема частиц неравноценны? Приведите примеры термодинамически равновесных и метастабильных форм материалов одного и того же состава.

4. На каких принципах могут быть основаны современные схемы классификации материалов? В чем заключаются их достоинства и недостатки? С какой целью проводят классификацию материалов?

5. В чем разница между функциональными, конструкционными, биологическими, интеллектуальными, градиентными и наноматериалами?

6. Назовите химические соединения (1-2 формулы), являющиеся типичными представителями наноматериалов, катализаторов, стекол, диэлектриков, полупроводников, сверхпроводников, супериоников, магнитных, биоматериалов, сенсоров, пьезоэлектриков, гибридных материалов.

7. С чем связано существование материалов со «смешанными» функциями?

8. Каков наиболее распространенный алгоритм создания новых материалов?

9. Какие формы существования материалов можно выделить? Чем они отличаются друг от друга по физическим свойствам и областям применения?

10. Может ли существовать «зародыш» аморфной фазы, геля, полимера? Что является движущей силой процесса зародышеобразования? Является ли зародыш равновесной «фазой» вещества? Почему? На чем основаны предположения о возникновении зародыша в теории Гиббса-Фольмера? Что такое критический зародыш? Может ли критический зародыш растворяться или он обязан только расти? Какой ситуации соответствует размер зародыша, образование которого сопровождается нулевым изменением свободной энергии?

11. Что такое процесс спинодального распада? Каковы термодинамические и микроструктурные критерии, позволяющие дифференцировать процесс зародышеобразования и

спинодального распада? В каких процессах и при получении каких материалов используют процессы зародышеобразования и спинодального распада?

12. Каковы наиболее перспективные направления использования неорганических материалов со специальными свойствами в области альтернативной энергетики?

13. Каковы наиболее перспективные направления использования неорганических материалов со специальными свойствами в области создания технических устройств для экстремальных условий эксплуатации?

14. Каковы наиболее перспективные направления использования неорганических материалов со специальными свойствами в области нанoeлектроники?

15. Каковы наиболее перспективные направления использования неорганических материалов со специальными свойствами в области наномедицины?

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Критерии выставления зачета – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к лекциям и уровень знаний пройденной части курса.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература:

1. Г.Б. Сергеев. Нанохимия. М.: Издательство МГУ, 2003.
2. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. М.: Физматлит. 2000. 224 С.
3. Ч.Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2004.
4. Суздаев И.П., Суздаев П.И. Нанокластеры и нанокластерные системы. // Успехи Химии. 2001. Т.70. №3. С.203-240.
5. А.Вест. Химия твердого тела. М.: Мир, 1988, т.1,2.

Дополнительная литература

1. А.А.Чернов, Е.И.Гиваргизов, Х.С.Багдасаров, В.А.Кузнецов, Л.Н.Демьянец, А.Н.Лобачев. Современная кристаллография. Т.1-4. М.: Наука, 1980.
2. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир. 1979. 568 С.
3. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия. 2000. 672 С.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

Не требуется

7.3. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория с доской, компьютерный проектор

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

8. Разработчик (разработчики) программы.

д.х.н., чл.-корр. РАН Е.А. Гудилин